

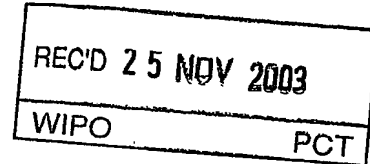
# BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

**PRIORITY  
DOCUMENT**

SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)



EP03/10955



## Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

**Aktenzeichen:** 102 46 324.7

**Anmeldetag:** 04. Oktober 2002

**Anmelder/Inhaber:** Carl Zeiss, Heidenheim an der Brenz/DE

**Bezeichnung:** Verfahren zur Herstellung eines Brillenglases

**IPC:** G 02 C 7/02

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 11. September 2003  
Deutsches Patent- und Markenamt  
Der Präsident  
Im Auftrag

Stenschus

**BEST AVAILABLE COPY**

Verfahren zur Herstellung eines Brillenglases

- 5 Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung eines Brillenglases, wobei zentrale Abbildungsfehler eines zu korrigierenden Auges einer fehlsichtigen Person, wie Sphäre, Zylinder und Achse, ausgeglichen werden.
- 10 Fehlsichtigkeiten von Augen werden allgemein mit Brillengläsern oder Kontaktlinsen korrigiert, um die Sehschärfe zu erhöhen. Dazu werden in einem subjektiven oder objektiven Messverfahren die zur Visussteigerung optimalen Brechwerte, wie Sphäre, Zylinder und Achse, des Brillenglases oder der Kontaktlinse bestimmt. In bekannter Weise werden danach diese Daten in ein Brillenglas mit zwei brechenden Flächen eingearbeitet, wobei allgemein die dem Auge abgewandte Fläche eine Kugelfläche und die dem Auge zugewandte Fläche, bei Vorhandensein eines Astigmatismus, eine der Achslage entsprechend vor dem Auge
- 20 verdrehte torische Fläche ist.

Auftretende Abbildungsfehler, welche bei seitlichem Blick durch ein Brillenglas entstehen, werden durch Verwendung von asphärischen und atorischen Flächen reduziert, wobei asphärische und atorische Flächen darstellen, die von einer Kugel bzw. einem Torus abweichen. Der Einsatz von derartigen Flächen zur Reduzierung von Abbildungsfehlern wird schon seit langer Zeit durchgeführt. Ebenfalls sind unregelmäßig geformte Flächen, sogenannte Freiformflächen, welche besonders bei

30 Gleitsichtgläsern zur Erzielung eines Wirkungsanstieges im Nahbereich zur Unterstützung der Akkommodation eingesetzt werden, bekannt. Die Produktion derartiger Flächen mit Hilfe von CNC-gesteuerten Schleif-, Fräs- und Poliermaschinen ist ebenfalls aus dem Stand der Technik bekannt.

35

Des weiteren sind refraktive Messverfahren, wie z.B. Wavefront Detection, bekannt, welche es nicht nur gestatten, die oben bereits erwähnten Werte Sphäre, Zylinder und Achse zu bestim-

men, sondern darüber hinaus auch Abbildungsfehler höherer Ordnung. Diese Abbildungsfehler hängen von der Öffnung der Augenpupille ab.

5 Ein derartiges Verfahren ist aus der EP 663 179 A1 bekannt. Die Schrift beschreibt ein Verfahren, mit dem refraktive Messungen auch am mit einer Kontaktlinse versehenen Auge vorgenommen werden können. An verschiedenen Stellen des Systems Kontaktlinse/Auge werden Messungen vorgenommen. In einem ersten Schritt wird ein Lichtstrahl erzeugt, dessen Lichtquelle aus einer Gruppe ausgewählt wird, welche aus mehreren Punktlichtquellen und spaltförmigen Lichtquellen besteht. Daraufhin wird dieser Lichtstrahl direkt ins Auge auf die Retina geführt und von dort aus wird der Lichtstrahl reflektiert. Der reflektierte Lichtstrahl trifft somit auf eine Abtastöffnung. Der Lichtdurchtritt durch die Abtastöffnung wird von einer Kamera, welche ein Bildsignal erzeugt, aufgenommen. Dieses Signal wird auf einem Monitor dargestellt. Das Verfahren wie auch die Vorrichtung sind von wesentlichem Nutzen, um optische Defekte, Deformationen oder Aberrationen eines Auges zu messen.

Ferner ist aus der DE 199 54 523 ein Herstellverfahren für Kontaktlinsen bekannt, wobei zunächst mit dem sogenannten Wavefront-Detection-Verfahren die optische Fehlsichtigkeit eines Auges bestimmt wird und wobei eine weiche Kontaktlinse auf die Hornhaut aufgesetzt wird. Die refraktive Messung wird mit aufsitzen der Kontaktlinse durchgeführt, wobei danach ein laserstrahlunterstütztes Materialabtrageverfahren an der vom Auge getrennten Kontaktlinse angewendet wird. Die Kontaktlinse nimmt durch die laserunterstützte Materialabtragung eine Oberflächenform an, durch die eine Flächenbrechkraft in der Kontaktlinse gewonnen wird, die durch die optischen Korrekturdaten bestimmt wird. Weiterhin werden Informationen über die Oberflächentopologie des Auges gewonnen, welche ebenfalls mit in die Korrektur einbezogen werden.

Aus der US 6,224,211 ist ein Verfahren zu entnehmen, welches neben der Korrektur der normalen Fehlsichtigkeit auch eine

Korrektur der sphärischen Aberration des Auges ermöglicht. Auf das Auge werden jeweils verschiedene asphärische Kontaktlinsen, welche für die sphärische und astigmatistische Wirkung Null ausgelegt sind, aufgesetzt. Anhand dieser Linsen wird ermittelt, wie die sphärische Aberration des Auges bestmöglichst korrigiert werden kann. Aus dieser Information wird eine asphärische Linse, welche die optimale Korrektur der Sehschärfe ermöglicht, ermittelt und dem Patienten angepasst.

10 Demgemäß ist es Aufgabe der Erfindung, ein Alternativverfahren zu schaffen, welches eine Herstellung eines Brillenglases ermöglicht, so dass die optischen Flächen eines Brillenglases derart gestaltet werden können, dass Abbildungsfehler höherer Ordnung wesentlich reduziert werden und dadurch ein Brillenglas erzeugt wird, welches eine maximale Sehschärfe zulässt.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, dass Refraktionswerte am zu korrigierenden Auge ermittelt werden, wobei Informationen von Abbildungsfehlern höherer Ordnung, welche von einer Pupillenöffnung abhängen, gewonnen werden und wobei die Information in wenigstens eine brechende Fläche des Brillenglases so eingebracht werden, dass für wenigstens eine Blickrichtung sowohl eine Korrektur einer bestehenden Fehlsichtigkeit als auch eine Korrektur der Abbildungsfehler höherer Ordnung erfolgt.

Abbildungsfehler höherer Ordnung, welche von der Pupillenöffnung abhängen, sind hauptsächlich die sphärische Aberration, Astigmatismen höherer Ordnung und die Koma. Dies sind Abweichungen von der idealen paraxialen Abbildung. Unter sphärischer Aberration wird verstanden, dass ankommende achsenparallele Strahlen auf die Linse in verschiedenen Einfallshöhen treffen und so der paraxiale Strahl die optische Achse im Brennpunkt  $F'$  schneidet, während die in endlichen Höhen einfallenden Strahlen andere Schnittweiten besitzen. Ein unsymmetrischen Anteil der kometenschweifähnlichen, asymmetrischen unscharfen Abbildung eines nicht auf der optischen Achse liegenden Objektpunktes wird als Koma bezeichnet.

Durch refraktive Messverfahren, wie z.B. das Wavefront-Detection-Verfahren, werden die Refraktionswerte des fehlsichtigen Auges ermittelt, was bedeutet, dass die Sphäre, der Zylinder und die Achse bestimmt werden. Des weiteren können mit diesem Verfahren Durchlichtmessungen durch die Hornhaut, der Augenlinse und dem Glaskörper durchgeführt und damit die Abbildungsfehler höherer Ordnung, welche von der Pupillenöffnung abhängen, ermittelt werden. Das Ergebnis beinhaltet die Aberrationen, die durch die Kombination der optischen Wirkungen von Hornhaut, Augenlinse, Glaskörper und Pupillenöffnung entstehen.

Die gewonnenen Informationen können somit unter Verwendung der dem Stand der Technik entsprechenden Berechnungs- und Herstellungsverfahren in wenigstens eine brechende Fläche, meist die Rückfläche des Brillenglases, eingearbeitet werden.

Somit wird ein Brillenglas konzipiert, welches zusätzlich zu den bisher korrigierbaren Fehlern, welche durch die paraxialen Werte Sphäre, Zylinder, Achse beschrieben werden, auch diejenigen ausgleichen, welche von der Öffnung der Pupille abhängen. Dadurch werden Brillengläser für fehlsichtige wie auch für emmetrope (rechtsichtige) Personen geschaffen, die dem Brillenträger für mindestens eine Blickrichtung eine deutlich höhere Sehschärfe bieten. Die bestmögliche Sehschärfe ist somit nicht nur durch eine Korrektur der paraxialen Werte gegeben, sondern auch durch eine Korrektur der Abbildungsfehler höherer Ordnung.

In vorteilhafter Weise kann vorgesehen sein, dass der Bereich der höchsten Sehschärfe durch Einbringen einer Asphäre gebildet wird.

Die Ausführung des Bereichs des schärfsten Sehens als Asphäre ist dadurch sehr vorteilhaft, da diese brechende Fläche von einer Kugelfläche abweicht. Die Linsenkrümmung unterscheidet sich somit von einer Kugelfläche, wobei achsferne Strahlen

schwächer oder stärker gebrochen werden als bei Verwendung einer sphärischen Fläche und somit die Lichtstrahlen wieder in einem Brennpunkt  $F'$  vereint werden können.

- 5 Vorteilhafte Ausgestaltungen und Weiterbildungen ergeben sich aus den weiteren Unteransprüchen und dem nachfolgend anhand der Zeichnung prinzipmäßig beschriebenen Ausführungsbeispiel.

Es zeigt:

10

Figur 1 eine prinzipmäßige Darstellung eines Strahlenbündels bei unkorrigierter sphärischer Aberration;

Figur 2 eine Prinzipdarstellung eines projizierten Originalmusters;

Figuren 3a Prinzipdarstellungen eines reflektierten Profils und 3b mit Verzerrungen;

Figur 4 eine prinzipmäßige Darstellung eines Strahlenbündels bei korrigierter sphärischer Aberration;

Figur 5 eine Abbildung der unkorrigierten sphärischen Aberration eines Auges;

Figur 6 eine Beispielabbildung einer Korrekturdarstellung der sphärischen Aberration; und

Figur 7 Darstellung einer Pfeilhöhe  $h$ , die als Abstand zwischen einem Scheitelpunkt  $S$  eines Brillenglases und einem Fußpunkt  $L$  auf einer optischen Achse bezeichnet wird.

Figur 1 zeigt das System Auge 1 in Verbindung mit einem Brillenglas 2. Die von einem Objekt, welches hier nicht dargestellt ist, ausgehenden Lichtstrahlen 3 passieren das optische System Brillenglas 2 und gelangen durch eine Hornhaut 4, eine

15

Augenpupille 5 und eine Augenlinse 6 zur Netzhaut 7 des Auges 1. Auf der Netzhaut 7 befindet sich eine Netzhautgrube (Fovea) des Auges 1, an der die größte Dichte der Sehzellen vorherrscht. Idealerweise sollte die gesamte optische Information in die Fovea gelenkt werden. Das bedeutet, dass die Fovea auf der Netzhaut 7 einen Brennpunkt  $F'$  darstellt, in dem sich die Lichtstrahlen 3 in einem Punkt schneiden sollten. Jedoch gelingt dies nur für kleine Pupillenöffnungen. Wegen der bei jedem Auge 1 auftretenden sphärischen Aberration vereinigen sich nicht alle Lichtstrahlen 3, die die Augenlinse 6 passieren, im Brennpunkt  $F'$  bzw. in der Fovea auf der Netzhaut 7. Die weiter zum Rand der Pupille 5 hin einfallenden Strahlen 3 schneiden die Netzhaut 7 im allgemeinen in weiter vom idealen Schnittpunkt  $F'$  entfernten Punkten.

Da es sich hier um die Korrektur von grundsätzlich jedem, also auch dem rechtsichtigen (emmetropen) Auge handelt, wird das Brillenglas 2 in der Abbildung Figur 1 nur als Prinzipzeichnung dargestellt.

Um die sphärische Aberration zu beseitigen, müssen erst bestimmte Informationen über das fehlsichtige Auge 1 gewonnen werden. Dazu wird das Wavefront Detection Verfahren, welches unter Benutzung eines Wellenfrontaberrometers arbeitet, eingesetzt.

Ein Muster aus einzelnen Lichtstrahlen, welches in Figur 2 dargestellt ist, wird auf die Netzhaut 7 (Retina) abgebildet. Auf der Retina 7 entsteht ein verzerrtes Abbild des eintretenden Lichtbündels 3 aufgrund der Aberrationen des Auges 1. Eine integrierte CCD-Kamera, die koaxial zum einfallenden Strahlenbündel 3 installiert wird, nimmt das verzerrte Bild unter einem sehr kleinen Raumwinkel auf, in dem das Bild frei von Aberrationen definiert ist. Ein Offline-Programm kalkuliert die Aberrationen anhand eines Soll/Ist-Vergleiches der relativen Lagen der einfallenden Teilstrahlen 3 zu den relativen Lagen der auf der Retina 7 erzeugten Punkte. Die Aberrationen werden danach mathematisch durch Koeffizienten von Zernike-

Polynomen beschrieben und als Höhenprofil dargestellt. Die in den Figuren 3a und 3b reflektierten Profile sind mit zwei verschiedenen Verzerrungen des Originalmusters versehen. Figur 3a zeigt ein weniger verzerrtes Profil bezüglich Figur 3b.

5

In Figur 4 ist das System Auge in Verbindung mit einem Brillenglas 2 bei korrigierter sphärischer Aberration dargestellt.

Die Vermessung des Auges 1 mit Hilfe eines Wavefront-  
10 Detection-Verfahrens gibt genauen Aufschluss über die Abbildungseigenschaften des Auges 1 und insbesondere über die von der Pupillenöffnung 5 abhängenden Abbildungsfehler. Zur Bestimmung der Abbildungseigenschaften des Auges 1 bzw. der paraxialen Werte Sphäre, Zylinder, Achse des Auges 1, kann ein beliebiges Gerät eingesetzt werden, welches die hier bestimmt geforderten Wellenfronten liefern kann. Diese Informationen werden über entsprechende optische Berechnungen dazu verwendet, zumindest eine Fläche des Brillenglases 2, wobei sich dieses Ausführungsbeispiel auf eine Rückfläche bzw. eine au-  
20 genseitige Fläche 9 des Brillenglases 2 bezieht, in der Umgebung eines Durchblickpunktes 8 so zu modifizieren, dass die bereits oben beschriebene ideale Vereinigung der Lichtstrahlen 3 in der Fovea der Netzhaut 7 realisiert wird. Das Auge 1 wird ohne Brillenglas 2 vermessen, wobei eine deformierte Wellen-  
25 front entsteht. Um die sphärische Aberration zu beheben, sollte eine Wellenfront erzeugt werden, die entgegengesetzt zur bereits bestehenden Wellenfront ausgebildet wird. Die Informationen der entgegengesetzten Wellenfront werden in das Brillenglas 2 auf der Rückfläche 9 in der Umgebung des Durchblick-  
30 punktes 8 derart eingebracht, dass eine asphärische Fläche erzeugt wird. Die Fläche kann ebenfalls je nach angestrebter Verbesserung der Sehschärfe ein Atorus oder eine Freiformfläche sein. Durch die Ausgestaltung als Asphäre ist somit gegeben, dass sich die Lichtstrahlen 3 in einem Brennpunkt  $F'$  der  
35 Fovea auf der Netzhaut 7 schneiden. Dadurch ist die sphärische Aberration beseitigt.

Die Korrektur der sphärischen Aberration, oder auch Öffnungs-



fehler genannt, des Auges 1 kann mit gleicher Wirkung ebenso auf einer dem Auge 1 abgewandten Fläche 10 des Brillenglases 2 stattfinden. Ebenso sind Korrekturen auf beiden Flächen 9 und 10 des Brillenglases 2 realisierbar. .

5

Eine Korrektur der sphärischen Aberration ist grundsätzlich bei allen Brillenglasformen möglich. Bei Einstärkengläsern, wie auch Einstärkengläsern mit prismatischer Wirkung, wird in der Umgebung des Durchblickpunktes 8 das Brillenglas 2 durch  
10 Einbringen einer Asphäre modifiziert.

Bei Bifokalgläsern, welche ein eingeschmolzenes Nahteil besitzen, kann die Trennfläche zwischen dem Grundglas und dem Nahtmaterial entsprechend ausgestaltet werden. Hierbei wird einmal im Fernteil eine Asphäre eingebracht und einmal im Nah-  
teil. Der Übergang des Bereichs mit höchster Sehschärfe in den normalen Bereich des Brillenglases 2 kann entweder abrupt an einer Kante oder auch durch einen weichen Übergang erfolgen. Weiterhin wäre auch eine Korrektur der sphärischen Aberration  
20 bei Gleitsichtgläsern möglich, wobei jeweils die Umgebung der beiden Durchblickspunkte für die Ferne und für die Nähe modifiziert werden und es ist auch möglich, wenn gewünscht, die Progressionszone mit einzubeziehen.

25 Figur 5 zeigt die sphärische Aberration eines rechtsichtigen (emmetropen) Auges 1 in Abhängigkeit vom Pupillendurchmesser  $p$ . Es ist zu erkennen, dass die sphärische Aberration mit der Größe des Pupillendurchmessers  $p$  korreliert. Das bedeutet, dass bei größer werdender Pupille 5 auch die sphärische Aberration anwächst. In diesem Ausführungsbeispiel besitzt der Pupillendurchmesser  $p$  eine Größe von 6 mm. Für Strahlen 3 in der Nähe des Pupillenrandes ist das Auge 1 kurzsichtig mit einer Fehlsichtigkeit von ca. -0,5 dpt. Bei einem Pupillendurchmesser  $p$  von 2 mm beträgt die sphärische Aberration ca. -0,075  
35 dpt. Der Abbildungsfehler höherer Ordnung bzw. die sphärische Aberration wird in dem Ausführungsbeispiel als rotationssymmetrisch über die Pupille 5 angenommen und kann deshalb durch seinen Querschnitt repräsentiert werden. .

Figur 6 stellt die Pfeilhöhe  $h$  der Korrektur der sphärischen Aberration in Abhängigkeit vom Pupillendurchmesser  $p$  mit einem Brillenglas der Durchbiegung 0 dpt und der Brechzahl  $n = 1.6$  dar. Die Pfeilhöhe  $h$  wird für den Abstand zwischen dem Scheitel  $S$  einer gekrümmten brechenden Fläche und dem Fußpunkt  $L$  der Senkrechten auf der optischen Achse durch den Einfallspunkt  $A$  eines in der Höhe  $H$  auftreffenden Strahls bezeichnet (Figur 7). Es ist in diesem Ausführungsbeispiel dargestellt, welche Korrektur auf der augenseitigen Fläche 9 des Brillenglases 2, welches in Figur 4 dargestellt ist, aufgebracht werden muss, um die in Figur 5 beschriebene sphärische Aberration zu korrigieren. Es ist leicht zu erkennen, dass es sich hierbei um eine von der Kugelform abweichende, also asphärische Fläche handelt. Durch den Einsatz von asphärischen Flächen kann somit die sphärische Aberration, aber auch jeder andere Abbildungsfehler höherer Ordnung, wesentlich reduziert bzw. beseitigt werden.

Patentansprüche:

1. Verfahren zur Herstellung eines Brillenglases, wobei zentrale Abbildungsfehler eines zu korrigierenden Auges einer  
5 fehlsichtigen Person, wie Sphäre, Zylinder und Achse, ausgeglichen werden, dadurch gekennzeichnet, dass Refraktionswerte am zu korrigierenden Auge (1) ermittelt werden, wobei Informationen von Abbildungsfehlern höherer Ordnung, welche  
10 von einer Pupillenöffnung (5) abhängen, gewonnen werden, und wobei die Informationen in wenigstens eine brechende Fläche des Brillenglases (2) so eingebracht werden, dass für wenigstens eine Blickrichtung sowohl eine dioptrische Korrektur einer Fehlsichtigkeit als auch eine Korrektur der Abbildungsfehler höherer Ordnung erfolgt.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Bereich der höchsten Sehschärfe (8) durch Einbringen einer Asphäre gebildet wird.
- 20 3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass ein Bereich in dem Brillenglas (2) für eine unendliche Objektentfernung korrigiert wird.
4. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass ein  
25 Bereich in dem Brillenglas (2) für eine endliche Objektentfernung korrigiert wird.
5. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass ein  
30 Übergang eines Bereichs mit höchster Sehschärfe (8) in einen Bereich mit leicht reduzierter Sehschärfe über eine Kante (11) erfolgt.
6. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass ein  
35 Übergang eines Bereichs mit höchster Sehschärfe (8) in einen Bereich mit leicht reduzierter Sehschärfe fließend erfolgt.

Zusammenfassung:

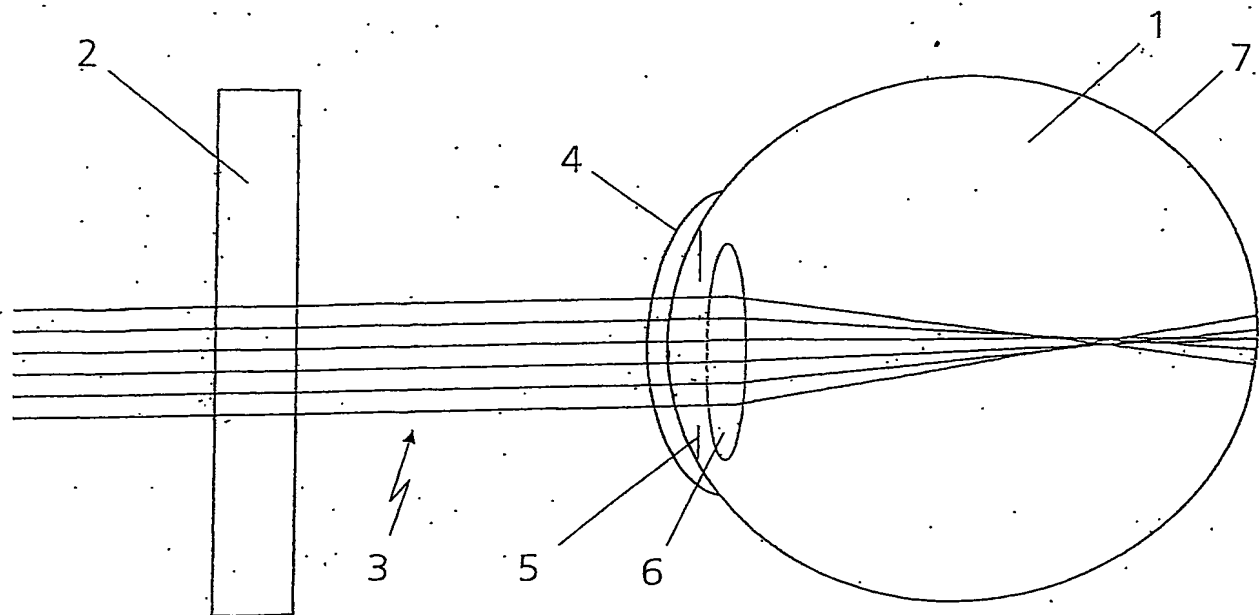
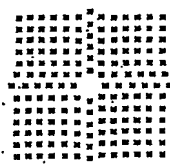
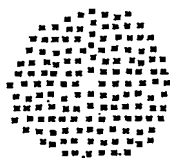
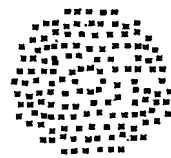
Verfahren zur Herstellung eines Brillenglases

(Figur 4)

5

Bei einem Verfahren zur Herstellung eines Brillenglases (2), wobei zentrale Abbildungsfehler eines zu korrigierenden Auges (1) einer fehlsichtigen Person, wie Sphäre, Zylinder und Achse, ausgeglichen werden, werden Refraktionswerte am zu korrigierenden Auge (1) ermittelt. Dabei werden Informationen von Abbildungsfehlern höherer Ordnung, welche von einer Pupillenöffnung (5) abhängen, gewonnen. Die Informationen werden so in wenigstens eine brechende Fläche des Brillenglases (2) eingebracht, dass für wenigstens eine Blickrichtung sowohl eine dioptrische Korrektur einer Fehlsichtigkeit als auch eine Korrektur der Abbildungsfehler höherer Ordnung erfolgt.

10

Fig. 1Fig. 2Fig. 3aFig. 3b

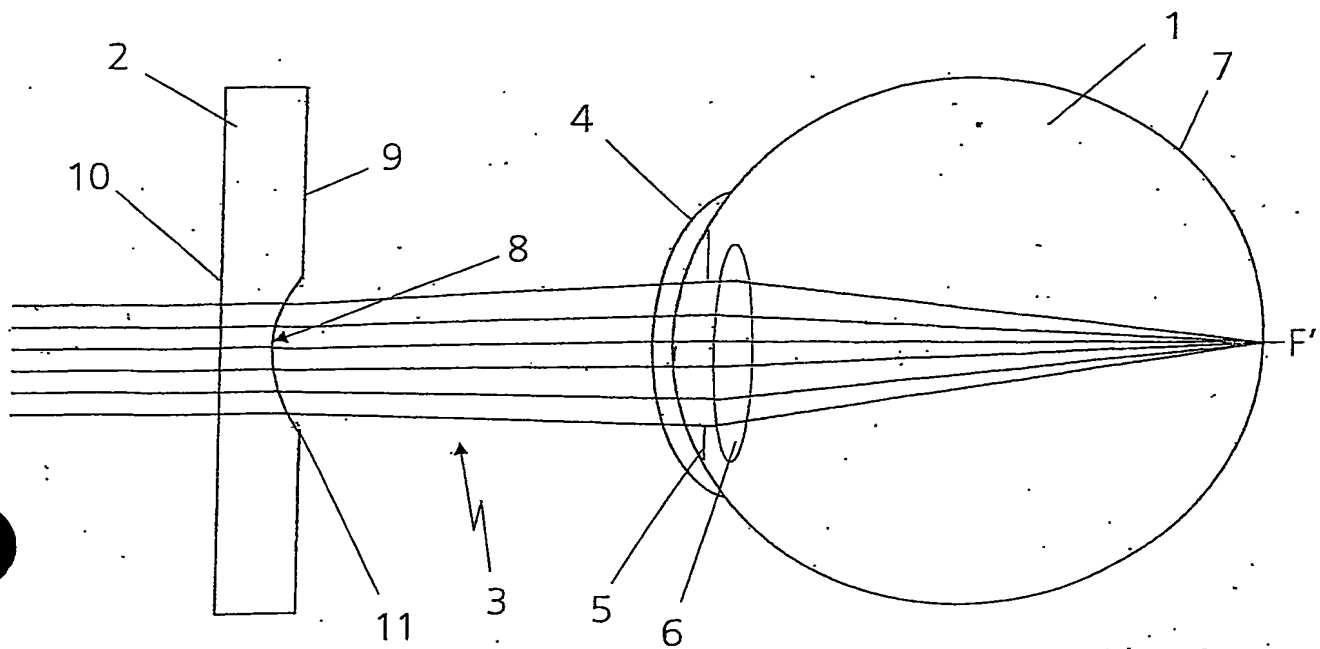
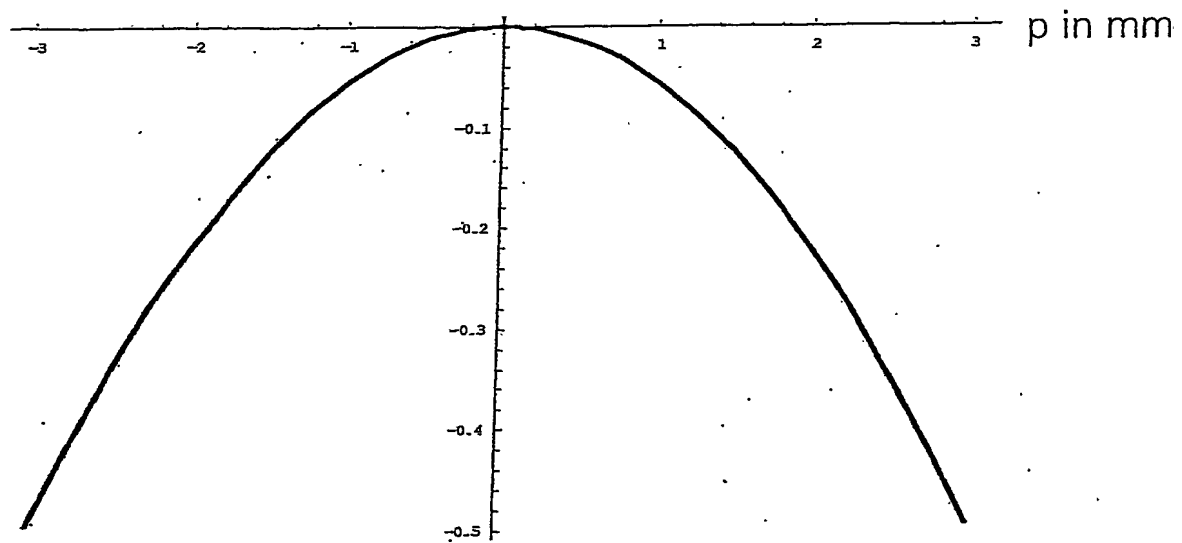


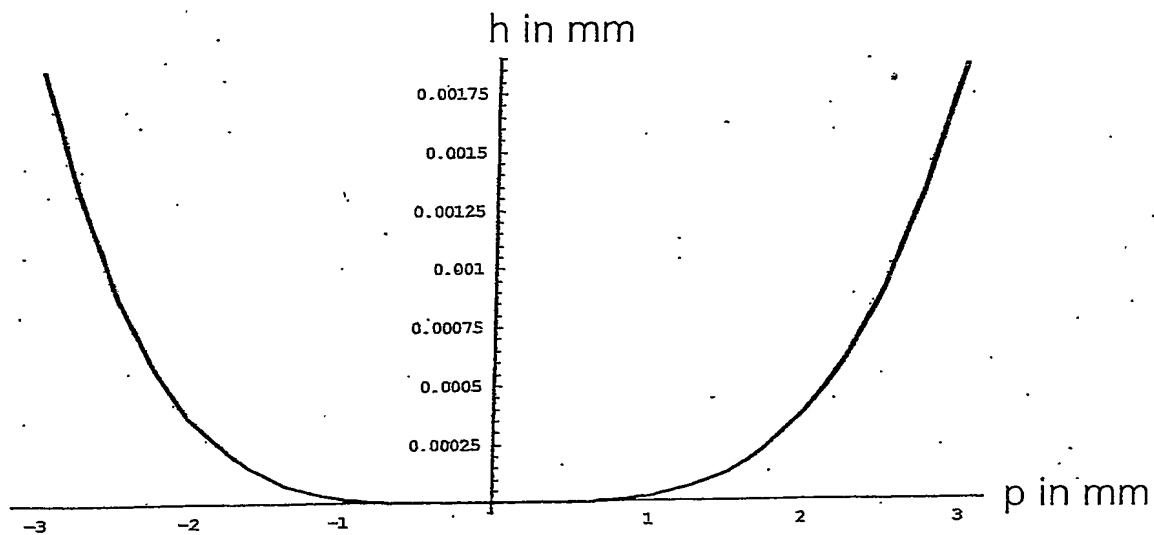
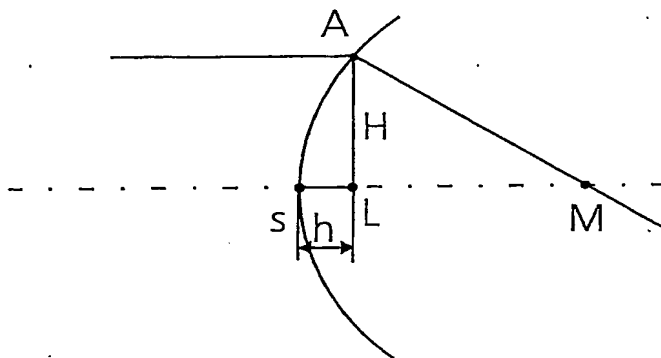
Fig. 4



sphärische Aberration in dpt

Fig. 5

BEST AVAILABLE COPY

Fig. 6Fig. 7**BEST AVAILABLE COPY**